

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

2

(11)Publication number : 2003-043211

(43)Date of publication of application : 13.02.2003

(51)Int.Cl. G02B 5/00
C23C 14/06
G02B 5/28

(21)Application number : 2001-226999 (71)Applicant : NIDEC COPAL CORP

(22)Date of filing : 27.07.2001 (72)Inventor : KUNII KOKI

(54) THIN FILM TYPE ND FILTER AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a thin film ND filter which can uniformly attenuate the light quantity in the visible region and has excellent durability.

SOLUTION: The ND filter is a thin film type produced by depositing light absorbing films 3, 5 and dielectric films 2, 4, 6 on a transparent substrate 1. The light absorbing films 3, 5 are formed by vapor deposition by using a metal material Ti as the source material and contains oxides TiO_x of the metal material produced by introducing a mixture gas containing oxygen during the deposition while keeping a constant vacuum degree in the range from 1×10^{-3} Pa to 1×10^{-2} Pa. The oxygen proportion in the mixture gas is controlled to $\leq 50\%$. Preferably, after the light absorbing films 3, 5 and dielectric films 2, 4, 6 are deposited on the transparent substrate 1, the films are heated in an oxygen atmosphere containing $\geq 10\%$ oxygen to saturate changes in the optical characteristics.

0. NDフィルタ		物理膜厚 (nm)
6	SiO ₂	66.4
5	Ti+TiO _x	39.0
4	Al ₂ O ₃	38.7
3	Ti+TiO _x	20.0
2	SiO ₂	10.8
1	基板: PET	0.1 (mm)

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of

rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-43211

(P2003-43211A)

(43)公開日 平成15年2月13日(2003.2.13)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-ト (参考)

G 0 2 B 5/00

G 0 2 B 5/00

A 2 H 0 4 2

C 2 3 C 14/06

C 2 3 C 14/06

N 2 H 0 4 8

G 0 2 B 5/28

G 0 2 B 5/28

4 K 0 2 9

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 7 頁)

(21)出願番号

特願2001-226999(P2001-226999)

(22)出願日

平成13年7月27日(2001.7.27)

(71)出願人 000001225

日本電産コバル株式会社

東京都板橋区志村2丁目18番10号

(72)発明者 国井 弘毅

東京都板橋区志村2丁目18番10号 日本電

産コバル株式会社内

(74)代理人 100092336

弁理士 鈴木 晴敏

Fターム(参考) 2H042 AA06 AA11 AA22

2H048 GA04 GA07 GA14 GA60

4K029 AA11 AA24 BA07 BA12 BA17

BA44 BA46 BA48 BC07 BD00

CA01 EA03

(54)【発明の名称】 薄膜型NDフィルタ及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 可視域において均一に光量を減衰可能であり且つ耐久性に優れた薄膜型NDフィルタを提供する。

【解決手段】 NDフィルタは、光吸収膜3、5と誘電体膜2、4、6を透明基板1上に積層した薄膜型である。記光吸収膜3、5は、金属材料Tiを原料として蒸着により成膜されたものであり、酸素を含む混合ガスを成膜時に導入し、真空度を 1×10^{-3} Paないし 1×10^{-2} Paの間で一定に維持した状態で生成した金属材料の酸化物TiO_xを含有する。尚、混合ガスの酸素比率は50%以下である。光吸収膜3、5と誘電体膜2、4、6を透明基板1に積層した後、酸素を10%以上含む酸素雰囲気中で加熱し、光学特性の変化を飽和させるとよい。

0 NDフィルタ

物理膜厚 (nm)

6	SiO ₂	66.4
5	Ti+TiO _x	38.0
4	Al ₂ O ₃	38.7
3	Ti+TiO _x	20.0
2	SiO ₂	75.8
1	基板:PET	0.1 (mm)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光吸収膜と誘電体膜を透明基板上に積層した薄膜型NDフィルタであって、

前記光吸収膜は、金属材料を原料として蒸着により成膜されたものであり、

酸素を含む混合ガスを成膜時に導入し、真空度を 1×10^{-3} Paないし 1×10^{-2} Paの間で一定に維持した状態で生成した金属材料の酸化物を含有することを特徴とする薄膜型NDフィルタ。

【請求項2】 光吸収膜と誘電体膜を透明基板に積層した後、酸素を10%以上含む酸素雰囲気中で加熱し、光学特性の変化を飽和させたことを特徴とする請求項1記載の薄膜型NDフィルタ。

【請求項3】 前記光吸収膜の金属材料はTi、Cr及びNiから選択され、前記誘電体膜は SiO_2 及び Al_2O_3 から形成されることを特徴とする請求項1記載の薄膜型NDフィルタ。

【請求項4】 前記誘電体膜及び光吸収膜を所定の膜厚及び所定の順番で積層して反射防止機能を付与したことを特徴とする請求項3記載の薄膜型NDフィルタ。

【請求項5】 光吸収膜と誘電体膜を透明基板上に積層した薄膜型NDフィルタの製造方法であって、金属材料を原料として蒸着により前記光吸収膜を成膜する蒸着工程を含み、

前記蒸着工程は、酸素を含む混合ガスを成膜時に導入し、真空度を 1×10^{-3} Paないし 1×10^{-2} Paの間で一定に維持した状態で該金属材料の酸化物を生成し、以って該金属材料とその酸化物を含む光吸収膜を形成することを特徴とする薄膜型NDフィルタの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、薄膜型NDフィルタ及びその製造方法に関する。ND（ニュートラル デンシティ）フィルタは、光量絞り用として可視域全般に亘り均一に透過光量を減衰させる目的で使用するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より撮影系において、被写体輝度が高過ぎる時は絞りを最小径に絞っても（開口径を最小にしても）感光面へ所定量以上の光量が入射してしまう場合がある。この為、撮影系の一部にNDフィルタを装着して感光面への入射光量を規制することがしばしば行なわれている。この場合、NDフィルタの分光特性は単に入射光量を減少させるということから、可視領域全般に亘り均一な透過率を有していることが必要となっている。カメラやビデオなどの撮像系においては、可視域全般に亘り均一に光量を減衰させる目的で、プラスチックフィルムベースのNDフィルタが多用されている。このNDフィルタは二種類に大別でき、プラスチックフィルムにカーボン粒子や染料などを塗布もしくは練り込んだ

タイプと、プラスチックフィルム上に薄膜のNDフィルタを成膜したタイプである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】プラスチックフィルムにカーボン粒子や染料などを塗布または練り込んだ第1のタイプは、フィルム表面に塗布した場合膜硬度に乏しく傷つきやすい。又、カーボン粒子や染料などを練り込んだ場合、TAC（トリアセテートセルロース又はトリアセチルセルロース）など吸水性の大きいフィルムを使用している為、環境の変化により反りや歪みを生じる。従って、この様なNDフィルタを、最近のコンパクト化が進んでいるシャッターユニットに組み込んだ場合、駆動時に他の構成部品と接触する可能性があり、破損の恐れがある。又、第1のタイプに共通の問題として、撮影系にて使用する波長領域（400～650nm程度）において、近年の高度な撮影系で必要とされる均一な光量減衰が得られず、色バランスの調整工程を入れなければならない為、製造コストが高くなる問題もある。

【0004】プラスチックフィルム上に薄膜を成膜してNDフィルタを形成した第2のタイプは、特開昭57-195207号公報や特開昭61-183604号公報にみられる光吸収性の薄膜として金属膜を用いる場合と、特開昭64-51347号公報や特開平7-63915号公報に示される金属酸化膜を用いる場合がある。金属材料を吸収膜として使用した場合、金属膜の厚みが10nm以下と非常に薄く、目的の光学特性を得る為の膜厚制御が困難になる。更に、成膜後通常の使用環境下に長時間放置すると、金属膜の酸化が原因となってNDフィルタの透過率増大及び波長に対する透過率平坦性の低下現象が発生する。対応策として、金属膜の経時変化を抑える為に接着剤などで封止する場合や氷晶石を使用して積層する場合があるが、工程が増えるとともにフィルタが厚くなるという欠点が生じる。一方光吸収膜に金属酸化物を用いる場合、一般に金属酸化物材料を蒸着源として真空蒸着によりプラスチックフィルム上に成膜していた。この場合、膜硬度が大きくなる利点があるが、逆に全体の膜応力の調整が困難である為、膜表面にクラックが発生したり薄膜自体が剥離する場合がある。又、膜が硬い為に、製品形状に加工する際、膜面に割れやクラックが発生するなどの問題も上げられる。

【0005】

【課題を解決するための手段】上述した従来の技術の課題に鑑み、本発明は可視域において均一に光量を減衰可能であり且つ耐久性に優れた薄膜型NDフィルタを提供することを目的とする。係る目的を達成するために以下の手段を講じた。即ち本発明は、光吸収膜と誘電体膜を透明基板上に積層した薄膜型NDフィルタであって、前記光吸収膜は、金属材料を原料として蒸着により成膜されたものであり、酸素を含む混合ガスを成膜時に導入し、真空度を 1×10^{-3} Paないし 1×10^{-2} Paの間

で一定に維持した状態で生成した金属材料の酸化物を含有することを特徴とする。尚、混合ガスの酸素比率は50%以下である。好ましくは、光吸収膜と誘電体膜を透明基板に積層した後、酸素を10%以上含む酸素雰囲気中で加熱し、光学特性の変化を飽和させるとよい。このアニール後、可視域波長に対し透過濃度の変化が±0.01以下となる様に、あらかじめ初期光学特性を設計するとよい。好ましくは、前記光吸収膜の金属材料はTi、Cr及びNiから選択され、前記誘電体膜はSiO₂及びAl₂O₃から形成される。この場合、前記誘電体膜及び光吸収膜を所定の膜厚及び所定の順番で積層して反射防止機能を付与することもできる。

【0006】本発明は薄膜法にてNDフィルタを形成している。この為、塗布又は練り込み型タイプの欠点であった、表面硬度不足による傷の発生を抑えることができる。又、透明基板として耐久性が高いプラスチックフィルム基板を利用すれば、反りや歪みなどの形状変化を抑えることができる。更に、本発明では、光吸収膜を作成する際の原材料として金属を用いているが、成膜時に酸素を含む混合ガスを導入している。混合ガスの酸素分圧及び導入圧力を最適化することで、再現性よく金属酸化物を金属膜中に混入することができる。金属材料のみで構成された吸収膜と比較すると、金属酸化物を導入した分吸収係数を下げることが可能となり、その分膜厚を厚くすることで目的の光学特性を得る為の膜厚制御が容易になる。金属材料を光吸収膜に使用した場合に問題となる光学特性の経時変化に対しては、あらかじめ酸素を含んだ雰囲気にて熱処理を施すことで、金属材料の酸化による光学特性の変化を強制的に飽和させ、長期的に安定したNDフィルタを得ることができる。尚、熱処理を施すと光学特性が変化する。何ら対策を施さないと、熱処理により波長に対する平坦性が失われる恐れがある。そこで、成膜段階で熱処理による変化量をあらかじめ想定した膜設計を行なうことで、熱処理後における透過特性の良好な平坦性を実現している。具体的には、400～650nmの波長域において、透過濃度の変動は±0.01以下に抑えることができる。又、光吸収膜に金属酸化物を用いた場合に問題となる、成膜後のクラックや剥離に対しては、基板側の第1層目に、付着力の高い誘電体材料（例えばSiO₂）を用いることで対処可能である。更には、積層膜全体の応力調整を行なうことで、良好な表面状態を示すNDフィルタを得ることができる。

【0007】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1は、本発明に係る薄膜型NDフィルタの構成を示す模式的な断面図である。図示する様に、本NDフィルタ0は、光吸収膜3、5と誘電体膜2、4、6を透明基板1上に積層した薄膜型となっている。光吸収膜3、5は、金属材料を原料として蒸着により成膜されたものである。特徴事項として、酸素を

含む混合ガスを成膜時に導入し、真空度を 1×10^{-3} Paないし 1×10^{-2} Paの間で一定に維持した状態で金属材料の酸化物を生成している。換言すると、吸収膜3、5は、金属とその酸化物とで構成された複合材料構成となっている。好ましくは、光吸収膜3、5と誘電体膜2、4、6を透明基板1に積層した後、酸素を10%以上含む酸素雰囲気中で加熱し、光学特性の変化を飽和させるとよい。光吸収膜3、5の金属材料はTi、Cr及びNiから選択される。一方、誘電体膜2、4、6はSiO₂及びAl₂O₃から形成される。この場合、誘電体膜2、4、6及び光吸収膜3、5を所定の膜厚及び所定の順番で積層して反射防止機能を付与することができる。

【0008】引続き図1を参照して、NDフィルタ0の具体的な膜構成を説明する。まず、透明基板1は厚みが0.1mmのPET（ポリエチレンテレフタレート）からなる。但し、本発明はこれに限られるものではなくPET以外のポリエステルフィルムやポリカーボネート（PC）フィルムを用いることができる。光量絞り用としてはPETなどポリエステルフィルムやポリカーボネートフィルムが好ましいが、特に用途を限定しなければ透明基板1として使用波長領域において透明であるガラスやプラスチックを適宜使うことができる。透明基板1の上に形成された第1の誘電体膜2はSiO₂からなり、その物理膜厚は75.8nmである。その上に成膜された第1の光吸収膜3は、金属Tiとその酸化物TiO_xとで構成されており、物理膜厚は20.0nmである。その上に成膜された第2の誘電体膜4はAl₂O₃からなり、その物理膜厚は38.7nmである。その上に成膜された第2の光吸収膜5は、同じく金属Tiとその酸化物TiO_xの混合物からなり、物理膜厚は38.0nmである。その上に成膜された第3の誘電体膜6は、SiO₂からなりその物理膜厚は66.4nmである。尚、係る積層構成は例示であって、本発明の範囲を限定するものではない。光学薄膜の場合、通常使用波長において透明なセラミックス材料を誘電体膜と表現している。光の干渉効果が現われる厚さ（波長の数倍程度）の誘電体膜を積層することで、入射する光線の光学特性（反射量、透過量、偏光、位相など）を自由に調節することができる。本実施形態では、図1に示す層構成とすることで、NDフィルタに反射防止機能を付与している。一方光吸収膜は、使用波長領域において文字通り光を吸収する働きがあり、可視域では通常金属を用いる。本発明では、特に金属材料にその酸化物を導入することで、光学特性並びに物理特性を改善している。

【0009】図2は、図1に示したNDフィルタの作成に使用する真空蒸着装置の一例を示す模式的なブロック図である。図示する様に、本装置は真空チャンバ11を主体に構成されており、その上には膜厚モニタ12と膜厚制御器13が取り付けられている。チャンバ11内に

は処理対象となる基板を支持固定する基板ホルダ14と、膜厚測定用基板15、と蒸着源16とが組み込まれている。膜厚モニタ12は光源と分光器と受光器とを備えている。分光器から出射した光は膜厚測定用基板15に入射し、これから反射した光が受光器に入射し、その出力が膜厚制御器13に送られる。この様に、膜厚をリアルタイムでモニタすることにより、基板上に所望の厚みの光吸収膜や誘電体膜を成膜する様にしている。

【0010】チャンバ11には真空計ゲージ部17、真空計制御部18、ガス導入ユニット19及び排気ユニット20が接続している。本実施例では、チャンバ11内の真空度を一定に保つ為に、APC方式を採用している。具体的には、真空計ゲージ部17及び真空計制御部18を介してフィードバックをかけ、ガス導入ユニット19を制御して、チャンバ11内に導入される混合ガスの量を調整している。但し、本発明はこれに限られるものではなく、導入量をニードルバルブにて一定に調整する方式を採用してもよい。

【0011】図3は、図2に示した真空蒸着装置を用いて、図1に示したNDフィルタを作成する場合の成膜条件を表わした表図である。図示する様に、基板温度は100℃としている。又、チャンバの到達真空度は 1×10^{-3} Paに設定している。ここで、光吸収膜3、5を成膜する為に、原料としてTiを用い、蒸着速度は1nm/secに設定している。Tiを蒸着する際に導入するガスとして、本実施例では窒素と酸素を4:1で混合した空気を用いている。但し、本発明はこれに限られるものではなく、一般的には酸素を50%以下の割合で含有する混合ガスが用いられる。尚、酸素を含有した混合ガスを導入した場合の蒸着真空度は、 4×10^{-3} Paに設定した。但し、本発明はこれに限られるものではなく、一般に 1×10^{-3} Pa $\sim 1 \times 10^{-2}$ Paの間で一定に維持すれば、良好な光学特性並びに物理特性を有し且つ金属とその酸化物の混合物よりなる光吸収膜を成膜することができる。次に、誘電体膜2、6を成膜する場合には、蒸着源としてSiO₂を用い、蒸着速度は1nm/secに設定している。SiO₂を成膜する場合には特に反応性のガスを導入していない。又、誘電体膜4の成膜には、蒸着源としてAl₂O₃を用い蒸着速度を1nm/secに設定している。この場合も、反応性ガスは特に導入しない。

【0012】図4は、図3に挙げた条件で成膜した光吸収膜の光学特性を示すグラフである。横軸に波長を取り、縦軸に屈折率、吸収係数を取ってある。グラフから明らかな様に、TとTiO_xの混合物からなる光吸収膜は、可視域において波長が長くなるにつれ吸収係数が高くなる傾向を有している。

【0013】図5は、図3に示した成膜条件で、図1に示した積層構造を作成した場合における、NDフィルタの光学特性を示すグラフである。横軸に可視域の波長を

取り、左側の縦軸には反射率及び透過率の尺度を表わす光量(%)を取り、右側の縦軸には透過濃度を取ってある。尚、透過率Tと透過濃度Dとの間には、 $D = \log(1/T)$ の関係がある。図5は実際に作成されたNDフィルタの光学特性ではなく、設計段階におけるシミュレーション結果を表わしている。最終的には、可視波長域において透過率は平坦になることが理想である。設計段階では、後工程で行なわれる熱処理の影響を考慮して、短波長側から長波長側へ行くに従い、次第に透過率が増加する設計としている。これは、熱処理後、5層構成のNDフィルタの光学特性は、可視域であれば短波長側へ近づくに従い透過率が増加する傾向になることが予想される為である。

【0014】図6は、図3に示す成膜条件で図1に示した積層構造のNDフィルタを実際に成膜した場合における初期特性を表わしている。尚、理解を容易にする為図4と同様に反射率、透過率及び透過濃度を測定している。グラフから明らかな様に、ほぼ設計通りの光学特性が得られており、短波長側から長波長側へ行くに従い次第に透過率が増加している。

【0015】図7は、熱処理後の光学特性を表わしており、理解を容易にする為図5及び図6と同様に透過率、反射率及び透過濃度を測定している。この熱処理では、窒素と酸素の混合比が4:1の酸化雰囲気(大気)中で、80℃に50時間放置した。但し、本発明はこれに限られるものではなく、一般的な熱処理条件は酸素濃度が10%以上のガスで、熱処理温度は基板に損傷を与えない程度で設定する。一般的には、酸素濃度を増やし高温加熱をした方が、光学特性の経時変化を出し切る上では効果的である。グラフに示す様に、熱処理後では可視域において波長依存性はなく均一に透過光を減衰し、フィルタ面での反射を抑えたNDフィルタを得ることができた。前述した様に、あらかじめ熱処理後の光学特性の変化を補償する様に、設計段階では短波長側から長波長側へ行くに従い次第に透過率が増加する様にしている。この様な設計は、図1に示した積層構造を構成する各誘電体膜及び各光吸収膜の成膜順並びに厚みを最適化することで、自在に得ることができる。熱処理を行なうと、長波長側から短波長側へ近づくに従い透過率が増加する傾向が生じる。これにより、初期の偏りが打ち消され、結果的に可視域で極めて平坦性に優れた透過特性を得ることが可能になる。

【0016】図8は、透過率及び透過濃度に関し、設計値、初期値及び熱処理後の値をまとめて表に表わしたものである。設計値では平坦性が $\pm 0.75\%$ 、実際の初期値は $\pm 1.01\%$ であるのに対し、熱処理後は平坦性が $\pm 0.15\%$ まで改善されている。又実際に、成膜直後及び熱処理後の成膜面は良好であり、膜面に粘着テープを貼り付け急激に引き剥がしても、膜剥離は生じなかった。又、作成したNDフィルタの耐久性を調べる目的

で、高温高湿条件下（60℃90%RH）に240時間投入したが、光学特性の変化量は0.5%程度と小さく、膜面にも変化が現われなかった。尚、作成したNDフィルタに対して、製品形状への切り抜き加工を実施した場合でも、膜割れや膜剥離などの欠陥は発生しなかった。以上により、可視域において透過特性が平坦であり且つ耐久性にも優れたNDフィルタを作成できることが確認された。

【0017】図9は、本NDフィルタをカメラ用絞り装置に適用した模式図である。一對に形成された内の一枚を示した絞り羽根100の凹部には、NDフィルタ105が接着剤106又は熱溶着等により固設されている。絞り羽根100は駆動部103により、枢支ピン104の周りを回転して、開口部101を開閉するように構成されている。

【0018】

【発明の効果】以上説明した様に、本発明によれば、金属材料を原料として蒸着により光吸収膜を成膜する際、酸素を含む混合ガスを成膜時に導入し、真空度を 1×10^{-3} Paないし 1×10^{-2} Paの間で一定に維持した状態で該金属材料の酸化物を生成している。即ち、本発明に係る薄膜型NDフィルタは金属とその酸化物とで構成された光吸収膜を備えており、従来の塗布又は練り込み型NDフィルタの欠点であった、反りや歪みなどの形状変化を抑制することができる。又、薄膜型のNDフィルタを形成する際に、成膜条件の最適化を図ることで、吸収膜に金属材料を用いた場合の欠点であった、再現性が得られにくい点を解決することができる。更に、酸素雰囲気中で熱処理を実施することにより、光学特性の経時

変化を抑えるとともに、熱処理時の光学変化を想定した膜設計を行なうことで、可視域において透過特性の平坦性に優れたNDフィルタを得ることができる。加えて、光吸収膜に金属酸化物を使用した場合に問題となる、膜割れや膜剥離などのない表面状態の良好なNDフィルタを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るNDフィルタの層構成を示す模式的な断面図である。

【図2】本発明に係るNDフィルタの作成に用いる真空蒸着装置を示す模式的なブロック図である。

【図3】本発明に係るNDフィルタの成膜条件を示す表図である。

【図4】本発明に係るNDフィルタに含まれる光吸収膜の光学特性を示すグラフである。

【図5】本発明に係るNDフィルタの光学特性を示すグラフである。

【図6】本発明に係るNDフィルタの光学特性を示すグラフである。

【図7】本発明に係るNDフィルタの光学特性を示すグラフである。

【図8】本発明に係るNDフィルタの光学特性を示す表図である。

【図9】本発明に係るNDフィルタをカメラ用絞り装置に適用した模式図である。

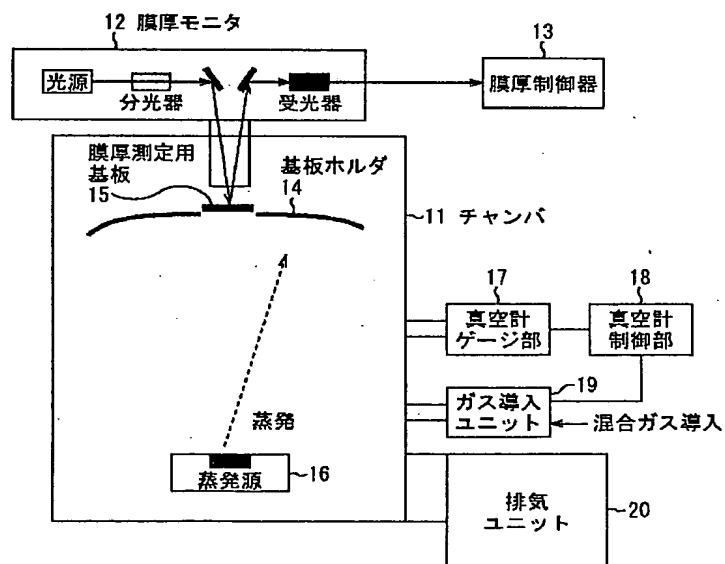
【符号の説明】

0・・・NDフィルタ、1・・・透明基板、2・・・誘電体膜、3・・・光吸収膜、4・・・誘電体膜、5・・・光吸収膜、6・・・誘電体膜

【図1】

0 NDフィルタ		
		物理膜厚 (nm)
6	SiO ₂	66.4
5	Ti+TiO _x	38.0
4	Al ₂ O ₃	38.7
3	Ti+TiO _x	20.0
2	SiO ₂	75.8
1	基板:PET	0.1 (mm)

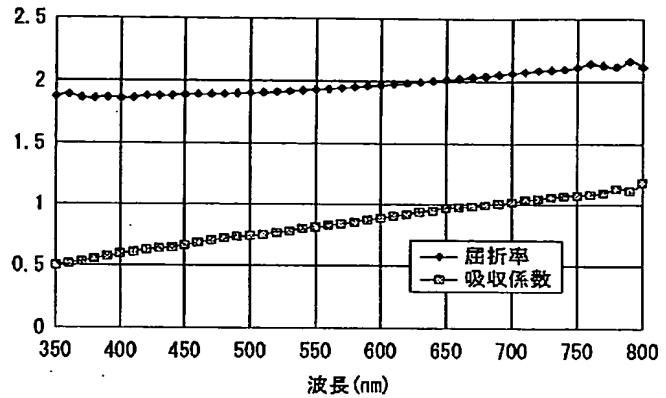
【図2】



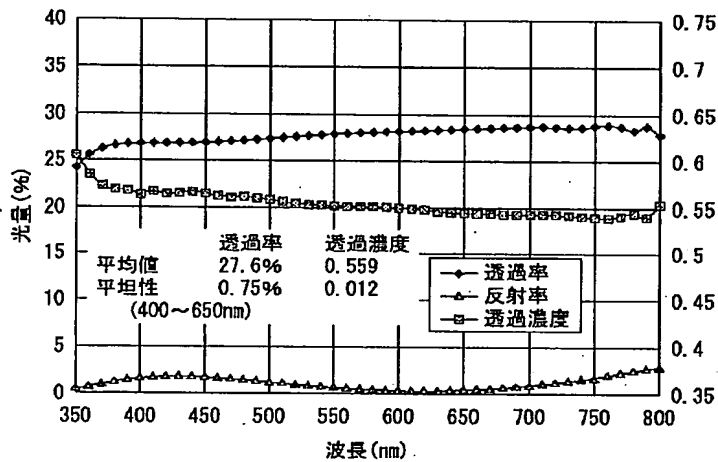
【図3】

基板温度			100℃
到達真空度			1×10^{-3} Pa
成膜 条件	Ti	蒸着速度	1nm/sec
		蒸着真空度	4×10^{-3} Pa
		導入ガス	Air (N2:O2=4:1)
	SiO2	蒸着速度	1nm/sec
		導入ガス	—
	Al2O3	蒸着速度	1nm/sec
導入ガス		—	

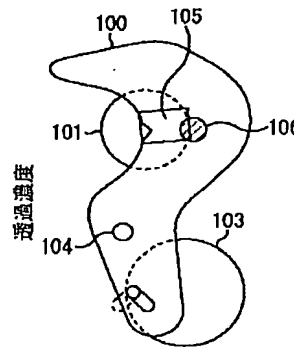
【図4】



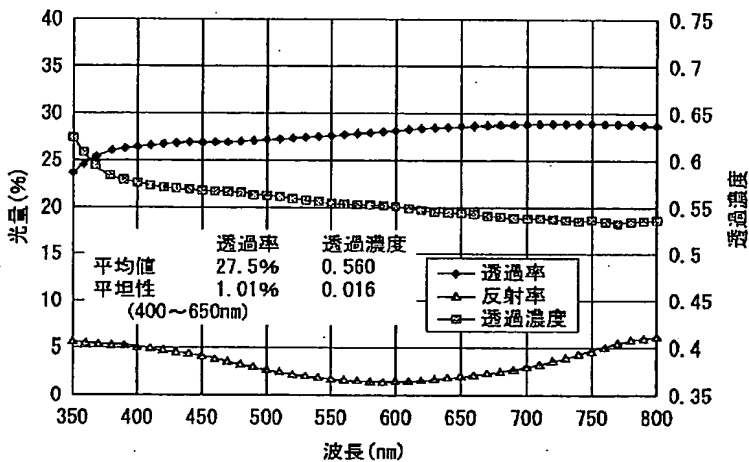
【図5】



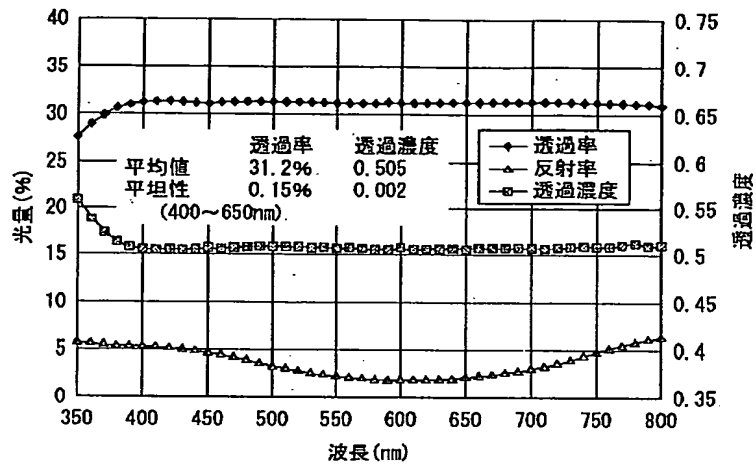
【図9】



【図6】



【図7】



【図8】

	設計値		試作(初期)		試作(熱処理後)	
	平均値	平坦性	平均値	平坦性	平均値	平坦性
透過率	27.60%	±0.75%	27.50%	±1.01%	31.20%	±0.15%
透過濃度	0.559	±0.012	0.56	±0.016	0.505	±0.002